Encyclopédie Médico-Chirurgicale **11-005-C-10** (2004)



# Échocardiographie de stress

*M. Habis*
*H. Lardoux*
*M. Verdaguer*
*F. Hadjiat*
*A. Chaib*
*L. Jacq*
*C. Caussin*
*M. Pezzano*
*S. Ghostine*
*A. Hassan*
*B. Lancelin*

**Résumé.** – *L'objectif de cet article est de décrire toutes les applications de l'échocardiographie de stress. Cette technique est aussi performante que la scintigraphie dans la détection de l'ischémie myocardique. Elle est aussi très utile pour la quantification de la réserve contractile des dysfonctions ventriculaires gauches ischémiques et non ischémiques et pour l'évaluation préopératoire des cardiopathies valvulaires. Ses résultats dans ces différentes indications sont ici exposés.*

© 2003 Elsevier SAS. Tous droits réservés.

**Mots-clés :** *Échocardiographie d'effort ; Échocardiographie dobutamine ; Réserve contractile ; Sidération ; Hibernation*

## Introduction

La cascade ischémique [37, 71] est la succession des évènements aboutissant à la survenue de la douleur angineuse. Cette dernière est précédée dans le temps par le défaut de perfusion auquel font suite l'anomalie de la relaxation myocardique, le défaut d'épaississement de l'endocarde et les modifications électriques. Comme la scintigraphie myocardique, l'échocardiographie de stress détecte les signes d'ischémie à un palier plus précoce que l'électrocardiogramme d'effort, ce qui la rend plus performante. Elle a de plus une valeur localisatrice. Ses avantages par rapport à la scintigraphie myocardique sont sa meilleure disponibilité et son moindre coût.

## Différents tests d'ischémie

Le test le plus physiologique reste l'effort physique qui offre aussi l'avantage de développer le meilleur produit fréquence-pression. Cet important paramètre conditionne la performance diagnostique du test. L'échocardiographie est alors réalisée dans les minutes suivant l'effort, ou mieux encore, au pic de l'effort lorsqu'on dispose d'une table d'examen équipée d'un pédalier. L'échocardiographie pendant l'effort s'avère plus performante car elle permet de capturer les anomalies très éphémères de cinétique segmentaire qui disparaissent très vite en récupération. L'effort physique n'est cependant pas toujours réalisable chez certains patients (artéritiques, insuffisants respiratoires, sujets âgés, pathologies orthopédiques et rhumatologiques) et l'acquisition des séquences d'images pendant l'effort est souvent gênée par les mouvements physiques et respiratoires. De ce fait, des stimuli pharmacologiques se sont développés tels que la dobutamine (agissant par augmentation de l'inotropisme myocardique), l'arbutamine (inotrope plus tachycardisant et moins vasodilatateur que la dobutamine), dont le but est d'accroître la consommation d'oxygène du myocarde par des effets simulant l'effort physique, le dipyridamole et l'adénosine (utilisés aussi en médecine nucléaire pour produire un effet de vol coronarien). [84] La dobutamine, le dipyridamole et l'adénosine sont souvent couplés à des injections d'atropine en raison de leur modeste effet tachycardisant.

Nous ne développerons ci-après que les deux principaux modes d'échocardiographie de stress : l'effort physique et la dobutamine.

### ÉCHOCARDIOGRAPHIE D'EFFORT

La performance diagnostique de l'échocardiographie d'effort s'est avérée meilleure que celle de l'électrocardiogramme d'effort au fil des études [25, 58, 89, 95, 96] (Tableau 1). Elle est caractérisée par une sensibilité équivalente à la scintigraphie (bien que cette dernière se positionne plus précocement dans la cascade ischémique) et une meilleure spécificité [89, 92, 96] (Tableau 2). Sa sensibilité passe de 58 à 68 % chez les patients monotronculaires pour atteindre 95 à 100 % chez les patients pluritronculaires. [54, 58, 92] La dilatation de la cavité ventriculaire gauche à l'effort est, comme en scintigraphie, le témoin d'une ischémie myocardique plus étendue. [7] L'hypotension d'effort est corrélée à l'étendue du territoire ischémique. [94] Une poussée hypertensive survenant au cours de l'effort, en présence ou non d'une hypertrophie ventriculaire gauche double le taux des faux positifs : l'ischémie intéresse alors souvent plusieurs territoires coronariens. Pour éviter cette cause d'erreur et la réalisation inutile d'une coronarographie, il est d'abord recommandé de refaire le test après contrôle de l'hypertension artérielle. [35]

La sidération après une ischémie myocardique d'effort est réelle. [4] Toutefois, il est noté un gain de 10 à 30 % en sensibilité lorsque la capture des images est faite au pic de l'effort plutôt qu'immédiatement après celui-ci. [90]

***M. Habis***
*Adresse e-mail: mhabis@ccml.com*
*Hopital Marie Lannelongue. Service de cardiologie diagnostique et interventionnelle, 133, avenue de la Résistance, 92350 Le Plessis-Robinson, France.*
***H. Lardoux, M. Verdaguer, F. Hadjiat, A. Chaib, L. Jacq***
*Centre hospitalier Sud-Francilien, service de cardiologie, 59, boulevard Henri-Dunant, 91106 Corbeil-Essonnes cedex, France.*
***C. Caussin***
*Hopital Marie Lannelongue. Service de cardiologie diagnostique et interventionnelle, 133, avenue de la Résistance, 92350 Le Plessis-Robinson, France.*
***M. Pezzano***
*Centre hospitalier Sud-Francilien, service de cardiologie, 59, boulevard Henri-Dunant, 91106 Corbeil-Essonnes cedex, France.*
***S. Ghostine***
*Hopital Marie Lannelongue. Service de cardiologie diagnostique et interventionnelle, 133, avenue de la Résistance, 92350 Le Plessis-Robinson, France.*
***A. Hassan***
*Centre hospitalier Sud-Francilien, service de cardiologie, 59, boulevard Henri-Dunant, 91106 Corbeil-Essonnes cedex, France.*
***B. Lancelin***
*Hopital Marie Lannelongue. Service de cardiologie diagnostique et interventionnelle, 133, avenue de la Résistance, 92350 Le Plessis-Robinson, France.*

***Tableau 1. – Comparaison de l'électrocardiogramme et de l'échocardiographie d'effort pour la détection de l'ischémie myocardique.***

| | Nombre de patients | Sensibilité | | Spécificité | | Précision diagnostique | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ECG E | Écho E | ECG E | Écho E | ECG E | Écho E |
| Crouse et al. [25] | 228 | 51 % | 97 % | 62 % | 64 % | | |
| Pozzoli et al. [89] | 75 | 55 % | 71 % | 81 % | 96 % | 64 % | 81 % |
| Marwick et al. [58] | 59 | 42 % | 80 % | 47 % | 86 % | 44 % | 82 % |
| Salustri et al. [96] | 44 | 63 % | 86 % | 93 % | 85 % | 72 % | 86 % |
| Ryan et al. [95] | 309 | 40 % | 91 % | 89 % | 78 % | | |

ECG E : électrocardiogramme d'effort ; Écho E : échocardiographie d'effort.

***Tableau 2. – Comparaison de l'échocardiographie d'effort et de la scintigraphie d'effort pour la détection de l'ischémie myocardique.***

| | Isotope | Nombre de patients | Sensibilité | | Spécificité | | Précision diagnostique | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Écho E | Scintigraphie | Écho E | Scintigraphie | Écho E | Scintigraphie |
| Quinones et al. [92] | Thallium | 292 | 74 % | 76 % | 88 % | 81 % | | |
| Pozzoli et al. [89] | MIBI | 75 | 71 % | 84 % | 96 % | 88 % | 81 % | 88 % |
| Salustri et al. [96] | Thallium ou MIBI | 44 | 86 % | 83 % | 85 % | 64 % | 86 % | 77 % |

Écho E : échocardiographie d'effort.

### ÉCHOCARDIOGRAPHIE DOBUTAMINE

L'utilisation de la dobutamine dans la population des patients susceptibles de développer une ischémie myocardique peut être à l'origine de rares complications sévères essentiellement rythmiques (0,3 %) [67, 99] justifiant une sélection rigoureuse des patients et le respect des critères d'arrêt du test. [36] L'examen est réalisé après 48 heures de sevrage en bêtabloquant et nécessite souvent l'adjonction d'atropine pour atteindre la fréquence cible. En effet, l'atropine ne suffit pas pour neutraliser l'effet des bêtabloquants s'ils n'ont pas été interrompus avant le test. [21] Cependant, des auteurs ont récemment souligné l'importance de rechercher l'ischémie tant au pic de la dose de dobutamine qu'en récupération après l'injection de bêtabloquant. [62]

L'échocardiographie sous dobutamine est plus performante que l'électrocardiogramme d'effort tant en sensibilité (76 % versus 63 %) qu'en spécificité (88 % versus 67 %). [33] Sa sensibilité est équivalente à celle de la scintigraphie myocardique au méthoxy-isobutyl-isonitrile (MIBI) (72 % versus 76 %) avec toutefois une spécificité meilleure (83 % versus 67 %). Tout comme pour l'effort, sa sensibilité est meilleure chez les patients pluritronculaires (92 %) que monotronculaires (74 %). [33] La non-diminution du volume télédiastolique ventriculaire gauche au cours du test permet d'évoquer une atteinte pluritronculaire. [72] L'hypotension avec bradycardie (réponse paradoxale) est le plus souvent constatée chez des patients non coronariens. [6] La réponse hypertensive au cours de la perfusion du produit est rare (1 %). [51] Notre équipe a décrit un décès par hémorragie cérébrale secondaire à une poussée hypertensive survenue au cours d'une échocardiographie sous dobutamine. [49]

## *Indications validées de l'échocardiographie de stress comme test d'ischémie*

### POSTINFARCTUS

L'intérêt de l'échocardiographie de stress est démontré à la fois dans la recherche d'une ischémie résiduelle dans un territoire d'infarctus, [48, 106] l'identification des patients pluritronculaires (dans ces deux applications la dobutamine et l'effort [20, 24, 42, 48] ont été validées) et la stratification du risque après infarctus du myocarde [14, 20, 103] (avec un meilleur pouvoir prédictif positif que l'électrocardiogramme d'effort). Trois paramètres sont corrélés avec une évolution compliquée de l'infarctus à moyen terme. Ce sont : l'étendue du territoire akinétique, l'absence de viabilité résiduelle et la mise en évidence d'une ischémie ou d'un autre territoire akinétique à distance. [20] Le score moyen de cinétique segmentaire sous dobutamine à forte dose est aussi corrélé à la mortalité cardiaque. [103] L'aggravation soutenue de la cinétique segmentaire au cours de l'effort est associée à une sténose coronarienne plus sévère de l'artère de l'infarctus que la réponse biphasique. [48]

L'étude EPIC avec le dipyridamole a aussi montré son intérêt pronostique à prédire la mortalité cardiaque, la récidive d'angor et d'infarctus (risque relatif de 4, 3 et 2 respectivement). [82] La mortalité est notée à 2 % lorsque le test est négatif, 4 % s'il est positif et 7 % s'il l'est précocement. [79]

### ÉVALUATION DU RETENTISSEMENT D'UNE STÉNOSE CORONAIRE

L'échocardiographie de stress trouve ici son intérêt complémentaire à la coronarographie. [8, 9] À noter en particulier avec le dipyridamole, l'importance du seuil de survenue de l'ischémie dans l'appréciation de la sévérité d'une sténose. [56, 81] La complexité d'une sténose semble mieux corrélée avec la positivité du test que sa quantification. [56]

### DÉTECTION D'UNE RÉCIDIVE D'ISCHÉMIE APRÈS UNE REVASCULARISATION

L'échocardiographie de stress s'avère plus performante que l'électrocardiogramme d'effort traditionnel [24, 43, 47] dans cette indication quel que soit le mode revascularisation.

### DIAGNOSTIC DE L'INSUFFISANCE CORONAIRE CHEZ LA FEMME

La plus faible prévalence de la maladie coronarienne chez la femme, les faux positifs de l'électrocardiogramme d'effort, la difficulté d'obtenir un test maximal et les faux positifs de la scintigraphie myocardique dus à l'interposition mammaire, ont normalement ouvert la voie à l'échocardiographie de stress dans cette indication. La spécificité et le pouvoir prédictif positif de l'échocardiographie d'effort sont ici supérieurs à l'électrocardiogramme d'effort [59, 115] (Tableau 3). Les paramètres cliniques (douleur) et électrocardiographiques (modification du segment ST) n'apportent pas d'amélioration à la précision diagnostique de l'échocardiographie de stress dans cette population. [53]

### BILAN PRÉOPÉRATOIRE AVANT UNE CHIRURGIE VASCULAIRE

L'échocardiographie dobutamine trouve ici son intérêt chez des patients souvent incapables de réaliser une épreuve d'effort. C'est un examen sûr même en présence d'un anévrisme de l'aorte

***Tableau 3. – Comparaison de l'échocardiographie de stress et de l'électrocardiogramme (ECG) d'effort dans le diagnostic d'ischémie myocardique chez la femme.***

| | Type de stress | Nombre de patientes | Sensibilité Écho | ECG | Spécificité Écho | ECG | Précision diagnostique Écho | ECG |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Marwick et al. [59] | Effort | 161 | 81 % | 77 % | 80 % | 56 % | 81 % | 64 % |
| Williams et al. [115] | Effort | 70 | 88 % | 67 % | 84 % | 51 % | 86 % | 59 % |

Écho : échocardiographie.

***Tableau 4. – Pouvoir prédictif des complications cardiaques après chirurgie vasculaire par l'échocardiographie de stress.***

| | Type de stress | Nombre de patients | PPP | PPN |
|---|---|---|---|---|
| Poldermans et al. [87] | Dobutamine | 302 | 42 % | 100 % |
| Pellikka et al. [75] | Dobutamine | 98 | 17 % | 100 % |
| Poldermans et al. [88] | Dobutamine | 136 | 42 % | 100 % |
| Tischler et al. [109] | Dipyridamole | 109 | 78 % | 99 % |

PPP : pouvoir prédictif positif ; PPN : pouvoir prédictif négatif.

abdominale. [75] Il offre une sensibilité et une spécificité identiques au thallium dipyridamole. Son pouvoir prédictif négatif est excellent (95 à 100 %) pour un pouvoir prédictif positif faible (20 à 40 %) [75, 87, 88, 101] (Tableau 4). Ce pouvoir prédictif positif serait meilleur pour l'échocardiographie sous dipyridamole. [109] Le seuil d'apparition de l'ischémie et son étendue ont un rôle pronostique majeur dans la période postopératoire immédiate et tardive. [86, 87]

## DIAGNOSTIC DES DOULEURS THORACIQUES CHEZ LES PATIENTS HYPERTENDUS

L'électrocardiogramme d'effort au sein de cette population de patients avec ou sans hypertrophie myocardique est caractérisé par sa mauvaise spécificité [116]. La comparaison de la scintigraphie myocardique, de l'échocardiographie sous dipyridamole ou dobutamine dans une population de 101 patients a donné des sensibilités de 98 %, 61 %, 88 %, des spécificités de 36 %, 91 %, 80 %, des pouvoirs prédictifs positifs de 67 %, 90 %, 85 % et des pouvoirs prédictifs négatifs de 94 %, 64 % et 83 % respectivement pour les trois tests. La performance diagnostique est la meilleure pour la dobutamine (84 %), contre 74 % pour le dipyridamole et 71 % pour la scintigraphie myocardique. [31]

## DIAGNOSTIC DE L'ISCHÉMIE MYOCARDIQUE CHEZ LES PATIENTS PRÉSENTANT UNE HYPERTROPHIE VENTRICULAIRE GAUCHE

L'échocardiographie d'effort s'avère plus performante que la scintigraphie myocardique essentiellement par sa meilleure spécificité [60]. L'échocardiographie sous dobutamine a une sensibilité moindre uniquement dans la sous-population des patients ayant un remodelage concentrique de leur ventricule gauche, c'est-à-dire une hypertrophie des parois, une petite cavité ventriculaire gauche sans augmentation de la masse myocardique. [105]

## DIAGNOSTIC DE L'ISCHÉMIE MYOCARDIQUE EN CAS DE BLOC DE BRANCHE GAUCHE OU DE RYTHME ÉLECTROENTRAÎNÉ

En présence d'un bloc de branche gauche, l'échocardiographie sous dobutamine garde une excellente spécificité (supérieure à 94 %). Sa sensibilité pour le diagnostic de l'ischémie dans le territoire de l'interventriculaire antérieure (IVA) est moins bonne lorsque l'épaississement septal est anormal au repos (44 % versus 83 % lorsqu'il est normal). [34]

En cas de rythme électroentraîné, l'échocardiographie couplée à une accélération de la fréquence du stimulateur permet d'identifier les patients coronariens avec une sensibilité de 70 %, une spécificité de 89 % et une performance diagnostique de 78 %, lorsque l'ischémie est définie par l'apparition ou l'aggravation d'une anomalie de cinétique segmentaire en tachycardie. Lorsqu'elle inclut aussi l'anomalie de cinétique segmentaire qui ne se majore pas à l'accélération de la fréquence cardiaque, ces chiffres deviennent respectivement 85 %, 84 % et 85 %. [78]

## INTÉRÊT PRONOSTIQUE CHEZ LES PATIENTS CONSULTANT POUR DES DOULEURS THORACIQUES SUSPECTES

Les patients consultant aux urgences d'un hôpital pour des douleurs thoraciques dont l'électrocardiogramme postcritique est normal et ne présentant pas de relargage de troponine méritent d'être évalués par une échocardiographie sous dobutamine. La positivité du test est liée à la survenue d'évènements coronariens au cours du suivi (mortalité cardiaque, infarctus du myocarde, angor instable, revascularisation coronarienne). [15]

## INTÉRÊT PRONOSTIQUE CHEZ DES PATIENTS CORONARIENS SUPPOSÉS OU AVÉRÉS

Tous les modes d'échocardiographie de stress prédisent la mortalité cardiaque et les évènements coronariens ultérieurs avec une spécificité et un pouvoir prédictif positif meilleurs que l'épreuve d'effort traditionnelle. [23, 32, 44, 57, 63, 98] Cela se vérifie même dans une population féminine. [38, 45] Les paramètres suivants ont pu être corrélés au profil évolutif : les anomalies de cinétique segmentaire au repos, [22, 45] la fraction d'éjection sous dobutamine, [45] l'absence de diminution du volume télésystolique ventriculaire gauche à l'effort, [64] le pourcentage de segments myocardiques sévèrement hypokinétiques ou akinétiques à l'effort, [22, 64] le score de cinétique segmentaire au cours du stress [102] et la positivité de l'échocardiographie de stress quel que soit son mode. [22, 45, 64, 102] La fréquence cardiaque à laquelle survient l'ischémie en échocardiographie influence le pronostic [102] surtout quand ce seuil est pour une fréquence cardiaque inférieure à 120/min ou à 76 % de la fréquence maximale théorique. [22] L'interprétation isolée de l'électrocardiogramme est d'un apport controversé [22, 45, 64].

À titre indicatif, le pourcentage de patients qui développent un infarctus du myocarde ou un décès est de 10 % et 8 % respectivement lorsque l'échocardiographie sous dobutamine est positive contre 3 % et 3 % lorsqu'elle est négative. Le taux de complications coronariennes ischémiques est de 25 % en cas d'anomalie de cinétique segmentaire notée au repos contre 6 % en son absence. [45] Enfin, la survie des patients ayant une échocardiographie d'effort négative est supérieure à celle d'une population témoin. [65]

## INTÉRÊT PRONOSTIQUE CHEZ LES PATIENTS DIABÉTIQUES

L'échocardiographie d'effort prédit dans une population de patients diabétiques la survenue de complications (infarctus du myocarde, revascularisation coronarienne, mortalité cardiaque). Ces

*Tableau 5. – Sensibilité et spécificité de l'échocardiographie dobutamine (faible dose) pour prédire la récupération du myocarde hibernant après revascularisation.*

| | Nb de patients | Âge moyen | Fraction d'éjection (%) | Pluritron-culaires (%) | ATCD d'IdM (%) | Segments viables (%) | Suivi après revascularisa-tion | Sensibilité (%) | Spécificité (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Perrone-Filardi et al. [77] | 34 | | 39 ± 14 | | | 28 | Écho | 74 | 89 |
| Afridi et al. [2] | 20 | 60 | | 40 | 55 | 33 | Écho | 76 | 74 |
| Vanoverschelde et al. [112] | 73 | 59 | 36 ± 12 | 79 | 68 | 38 | Écho/isotopes | 79 | 80 |
| Qureshi et al. [93] | 18 | 61 | | 76 | 56 | 69 | Écho | 79 | 83 |
| Marzullo et al. [61] | 14 | 54 | 39 ± 7 | 93 | 100 | 65 | Écho | 82 | 94 |
| Bax et al. [10] | 17 | 57 | 36 ± 11 | 100 | 100 | 29 | Écho | 85 | 63 |
| Perrone-Filardi et al. [76] | 18 | 59 | 43 ± 12 | 50 | 89 | 61 | Écho | 88 | 87 |
| La Canna et al. [46] | 33 | 56 | 33 ± 8 | 94 | 70 | 65 | Écho | 92 | 75 |
| Bax et al. [11] | 68 | 61 | < 35 | | 96 | 56 | Écho/isotopes | 89 | 74 |

IdM : infarctus du myocarde

complications sont plus souvent notées chez les patients qui ont un score de cinétique segmentaire élevé, tant à l'état basal qu'à l'effort, et chez ceux qui ont le plus de segments ischémiques à l'effort. Parmi les patients pluritronculaires ainsi identifiés, un tiers développeront un infarctus du myocarde non fatal ou décéderont de cause cardiaque dans les 5 ans. Cette étude démontre en analyse multivariée l'apport significatif de l'échocardiographie à la symptomatologie douloureuse et aux modifications de la repolarisation au cours de l'effort. [30]

Détection de l'athérosclérose des greffons cardiaques [27]

## Intérêt de l'échocardiographie de stress dans la recherche d'une réserve contractile

Cette recherche se fait essentiellement au cours de deux situations cliniques différentes. La sidération correspond à une dysfonction myocardique aiguë succédant à une ischémie transitoire [19, 108] (tel l'infarctus du myocarde traité par thrombolyse). L'hibernation est une adaptation du myocarde à une ischémie chronique. Le stimulus le plus souvent utilisé pour démontrer cette réserve est la perfusion de dobutamine à faible dose. Quelques études ont aussi montré l'utilité de la faible charge d'effort [39] et des faibles doses de dipyridamole [80] dans cette indication.

D'autres techniques concurrentes explorent des paramètres cependant différents : la tomographie par émission de positons recherche une conservation d'activité métabolique, la scintigraphie étudie la préservation d'une intégrité membranaire, l'échocardiographie de contraste apprécie la perfusion myocardique distale alors que l'échocardiographie de stress évalue la conservation de l'appareil contractile, ce qui est une réponse directe à la question soulevée. [18]

### SIDÉRATION MYOCARDIQUE

Hormis l'angor instable pouvant précéder la survenue d'un infarctus, [40] tous les paramètres cliniques, électrocardiographiques, enzymatiques, et angiographiques ont échoué pour prédire la viabilité du territoire infarci. [85, 91, 107] L'échocardiographie dobutamine à faible dose s'est comparée favorablement à la tomographie par émission de positons dans cette situation. [85] Sa performance diagnostique est aussi bonne que les isotopes avec une sensibilité entre 71 et 89 %, une spécificité entre 68 et 92 %, un pouvoir prédictif positif entre 86 et 89 % et un pouvoir prédictif négatif entre 80 et 93 %. [16, 28, 41, 91, 114] Au sein d'une population de patients revascularisés après un infarctus du myocarde, l'absence de réserve contractile prédit la dilatation du ventricule gauche et le remodelage postinfarctus, même après avoir pris en compte l'étendue du territoire infarci. [17]

De plus, lorsque l'examen est complété par une perfusion de fortes doses de dobutamine on obtient des renseignements complémentaires : en effet, l'aggravation de la cinétique aux fortes doses après une amélioration transitoire à faibles doses (réponse biphasique) oriente vers une sténose résiduelle serrée de l'artère coupable, alors que l'amélioration soutenue (à faibles et fortes doses) plaide pour l'absence de sténose significative de l'artère de l'infarctus. [104] La forte dose renseigne aussi sur l'ischémie à distance du territoire de l'infarctus.

Dans l'étude EDIC, la résurgence d'angor après un infarctus du myocarde est corrélée à l'existence d'une viabilité myocardique. [103] Cette viabilité myocardique améliore toutefois le pronostic des patients présentant une dysfonction ventriculaire gauche postinfarctus et qui ne sont pas revascularisés. [83] D'où le paradoxe du rôle délétère de cette viabilité en cas de bonne fonction ventriculaire gauche (plus grande instabilité ischémique) et de son rôle bénéfique en cas de dysfonction ventriculaire gauche.

L'échocardiographie d'effort s'avère aussi un examen très intéressant en postinfarctus. La réserve contractile notée au cours d'une réponse biphasique prédit mieux la réversibilité de la dysfonction myocardique segmentaire postinfarctus que l'amélioration soutenue. [48] La réponse biphasique est aussi celle qui détecte avec la meilleure sensibilité la sténose résiduelle serrée de l'artère de l'infarctus. La mise en évidence d'une ischémie à distance du territoire de l'infarctus est moyennement sensible (62 %) et très spécifique (97 %) pour la détection des patients pluritronculaires. [48] Cette dernière sensibilité est moins bonne lorsque les patients ne dépassent pas la fréquence de 120/min au cours de l'échocardiographie d'effort. [48]

### HIBERNATION MYOCARDIQUE

L'échocardiographie sous faible dose de dobutamine a été validée dans de nombreuses études pour détecter la viabilité du myocarde hibernant avec une bonne sensibilité (74 à 92 %) et spécificité (63 à 89 %) [2, 10, 11, 46, 61, 76, 77, 93, 112] (Tableau 5). Comparée aux techniques isotopiques, l'échocardiographie sous faible dose de dobutamine a une meilleure spécificité [12, 93] et un meilleur pouvoir prédictif positif que le thallium. [77] La scintigraphie myocardique est, en revanche, plus sensible et apporte un meilleur pouvoir prédictif négatif. [77]

Dans les études comparant les techniques isotopiques à l'échocardiographie dobutamine, la réserve contractile est plus souvent notée lorsque la perfusion est conservée aux isotopes, mais l'inverse n'est pas toujours vrai. [66, 76, 77 97, 112] De plus, la réserve contractile est bien corrélée à la fraction d'éjection [12, 69, 112] et au volume ventriculaire gauche télésystolique [112] obtenu après revascularisation coronarienne. Une étude a d'autre part montré que cette réserve myocardique peut rester sous forme de réserve après la revascularisation, voire apparaître dans des territoires considérés préalablement non viables en scintigraphie. [3, 55]

Quatre réponses du myocarde hibernant sont décrites au cours de l'échocardiographie sous dobutamine. Parmi elles, la réponse biphasique et la réponse ischémique (aggravation soutenue de la cinétique segmentaire dès les faibles doses) ont le meilleur pouvoir

prédictif positif (72 % et 35 % respectivement) comparé à l'amélioration soutenue et l'absence d'amélioration (15 % et 13 % respectivement). [2]

Au sein d'une population de patients présentant une dysfonction ventriculaire gauche ischémique chronique, ceux qui possèdent une réserve contractile sous faible dose de dobutamine et qui entreprennent un programme de réadaptation cardiaque améliorent leur réserve contractile et leur pronostic. [13] La survie à moyen terme de ces cardiopathies est améliorée par la revascularisation coronaire en cas d'ischémie ou de viabilité myocardique documentée en scintigraphie ou à l'échocardiographie sous dobutamine. [74, 100] Le seuil de quatre segments viables a été retenu pour prédire l'amélioration de la fraction d'éjection ventriculaire gauche et de la classe fonctionnelle après revascularisation coronaire et garantir une survie sans complications cardiaques. [11] Ainsi, l'échocardiographie dobutamine a pu prédire l'accroissement de la fraction d'éjection après chirurgie avec une sensibilité de 86 %, une spécificité de 90 %, un pouvoir prédictif positif de 82 % et un pouvoir prédictif négatif de 93 %. [11]

### STRATIFICATION PRONOSTIQUE DES CARDIOPATHIES DILATÉES NON ISCHÉMIQUES

L'échocardiographie dobutamine paraît aussi intéressante pour prédire dans une population de patients présentant une cardiopathie dilatée primitive de découverte récente, ceux qui amélioreront leur fonction ventriculaire gauche au cours du suivi. Les paramètres prédictifs les plus intéressants sont : la fraction d'éjection ventriculaire gauche sous dobutamine, le degré de sphéricité du ventricule gauche sous stimulation inotrope et la masse myocardique indexée au volume de la cavité [70]. De plus, le pronostic des patients qui ont des valeurs de $VO_2$ max limites (10 à 15 ml/kg) est bien approché par l'échocardiographie sous dobutamine faible dose (10 gamma/kg/min] : l'augmentation du diamètre télésystolique ventriculaire gauche et de la contrainte pariétale systolique sous dobutamine laisse présager une surmortalité dans ce sous-groupe. [73]

### INTÉRÊT DANS LES CARDIOPATHIES VALVULAIRES

#### *Insuffisance mitrale*

L'échocardiographie d'effort s'avère utile dans l'évaluation objective de la dyspnée des patients présentant une valvulopathie mitrale. [111] D'autre part, la fuite mitrale fonctionnelle, constatée au cours des dysfonctions ventriculaires gauches, se majore à l'effort chez les patients limités par leur dyspnée : elle est aussi corrélée à l'augmentation des pressions pulmonaires. [50]

Deux paramètres issus de l'échocardiographie d'effort préopératoire et témoignant de la réserve contractile du myocarde, permettent de prédire la fonction ventriculaire gauche des patients opérés d'une fuite mitrale chronique sans coronaropathie associée. Ce sont : la fraction d'éjection et le volume télésystolique ventriculaire gauche indexé, tous deux mesurés au cours de l'effort. [52] Ainsi, un volume télésystolique ventriculaire gauche d'effort supérieur à 25 $cm^3/m^2$ de surface corporelle ou une fraction d'éjection d'effort inférieure à 68 %, prédisent avec une sensibilité et une spécificité égales, de 83 % pour l'un et 80 % pour l'autre, une dysfonction ventriculaire gauche postopératoire.

#### *Rétrécissement aortique en bas débit*

L'échocardiographie dobutamine à faible dose permet en cas de dysfonction ventriculaire gauche associée à une sténose aortique serrée, d'identifier les patients ayant une réserve contractile (accroissement de plus de 20 % du volume systolique éjecté). Cette réserve contractile est corrélée à la survie et au résultat fonctionnel postopératoire et permet de sélectionner les patients qui vont tirer bénéfice de la chirurgie. [68]

## Conclusion

*Ainsi, l'échocardiographie de stress devient un outil indispensable dans le bilan d'un nombre croissant de cardiopathies. Elle conjugue l'intérêt d'une technique facile d'accès, performante et peu coûteuse. Elle offre une réponse à la grande majorité des questions posées dans le bilan des cardiopathies ischémiques. Le développement des produits de contraste devrait résoudre le problème posé par les patients peu échogènes. L'autre limite de la technique est la quantification objective de la cinétique segmentaire. Là aussi, le doppler tissulaire avec des paramètres de quantification de plus en plus performants [1, 5, 26, 29, 110, 113] amènera la solution à ce dernier problème. La place des techniques plus coûteuses comme la scintigraphie myocardique et l'IRM devrait dans le futur être plus réduite dans ces mêmes indications.*

## Références


[1] Abraham TP, Nishimura RA. Myocardial strain: can we finally measure contractility? *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 731-734

[2] Afridi I, Kleiman NS, Raizner AE, Zoghbi WA. Dobutamine echocardiography in myocardial hibernation. Optimal dose and accuracy in predicting recovery of ventricular function after coronary angioplasty. *Circulation* 1995; 91: 663-670

[3] Afridi I, Qureshi U, Kopelen HA, Winters WL, Zoghbi WA. Serial changes in response of hibernating myocardium to inotropic stimulation after revascularisation: a dobutamine echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol* 1997; 30: 1233-1240

[4] Ambrosio G, Betocchi S, Pace L, Losi MA, Perrone-Filardi P, Soricelli A et al. Prolonged impairment of regional contractile function after resolution of exercise-induced angina. *Circulation* 1996; 94: 2455-2464

[5] Armstrong G, Pasquet A, Fukamachi K, Cardon L, Olstad B, Marwick TH. Use of peak systolic strain as an index of regional left ventricular function: comparison with tissue doppler velocity during dobutamine stress and myocardial ischemia. *J Am Soc Echocardiogr* 2000; 13: 731-737

[6] Attenhofer CH, Pellika PA, McCully RB, Roger VL, Seward JB. Paradoxical sinus deceleration during dobutamine stress echocardiography: description and angiographic correlation. *J Am Coll Cardiol* 1997; 29: 994-999

[7] Attenhofer CH, Pellika PA, Oh JK, Roger VL, Sohn DW, Seward JB. Comparison of ischemic response during exercise and dobutamine echocardiography in patients with left main coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 1171-1177

[8] Baptista J, Arnese M, Roelandt TCJr, Fioretti P, Keane D, Escaned J et al. Quantitative coronary angiography in the estimation of the functional significance of coronary stenosis: correlations with dobutamine-atropine stress test. *J Am Coll Cardiol* 1994; 23: 1434-1440

[9] Bartunek J, Marwick TH, Rodrigues AC, Vincent M, Van Schuerbeek E, Sys SU et al. Dobutamine induced wall motion abnormalities: correlations with myocardial fractional flow reserve and quantitative coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 1429-1436

[10] Bax JJ, Cornel JH, Visser FC, Fioretti PM, Van Lingen A, Reijs AE et al. Prediction of recovery of myocardial dysfunction after revascularisation. Comparison of fluorine-18 fluorodeoxyglucose/Thallium-201 SPECT, Thallium-201 stress-reinjection SPECT and dobutamine echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1996; 28: 558-564

[11] Bax JJ, Poldermans D, Elhendy A, Cornel JH, Boersma E, Rambaldi R et al. Improvement of left ventricular ejection fraction, heart failure symptoms and prognosis after revascularization in patients with chronic coronary artery disease and viable myocardium detected by dobutamine stress echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1999; 34: 163-169

[12] Bax JJ, Wijns W, Cornel JH, Visser FC, Boersma E, Fioretti PM et al. Accuracy of currently available techniques for prediction of functional recovery after revascularisation in patients with left ventricular dysfunction due to chronic coronary artery disease. Comparison of pooled data. *J Am Coll Cardiol* 1997; 30: 1451-1460

[13] Belardinelli R, Georgiou D, Purcaro A. Low dose dobutamine echocardiography predicts improvement in functional capacity after exercise training in patients with ischemic cardiomyopathy: prognostic implications. *J Am Coll Cardiol* 1998; 31: 1027-1034

[14] Berthe C, Piérard LA, Hiernaux M, Trotteur G, Lempereur P, Carlier J et al. Predicting the extent and location of coronary artery disease in acute myocardial infarction by echocardiography during dobutamine infusion. *Am J Cardiol* 1986; 58: 1167-1172

[15] Bholasingh R, Cornel JH, Kamp O, Van Straalen JP, Sanders GT, Tijssen JG et al. Prognostic value of predischarge dobutamine stress echocardiography in chest pain patients with a negative cardiac troponin T. *J Am Coll Cardiol* 2003; 41: 596-602

[16] Bolognese L, Antoniucci D, Rovai D, Buonamici P, Cerisano G, Santoro GM et al. Myocardial contrast echocardiography versus dobutamine echocardiography for predicting functional recovery after acute myocardial infarction treated with primary coronary angioplasty. *J Am Coll Cardiol* 1996; 28: 1677-1683

[17] Bolognese L, Cerisano G, Buonamici P, Santini A, Santoro GM, Antoniucci D et al. Influence of infarct-zone viability on left ventricular remodeling after acute myocardial infarction. *Circulation* 1997; 96: 3353-3359

[18] Bonow RO. Identification of viable myocardium. *Circulation* 1996; 94: 2674-2680

[19] Braunwald E, Kloner RA. The stunned myocardium: Prolonged post-ischemic ventricular dysfunction. *Circulation* 1982; 66: 1146-1149

[20] Carlos ME, Smart SC, Wynsen JC, Sagar KB. Dobutamine stress echocardiography for risk stratification after myocardial infarction. *Circulation* 1997; 95: 1402-1410

[21] Chen L, Ma L, De Prada VA, Chen M, Feng YJ, Waters D et al. Effects of beta blocade and atropine on ischemic responses in left ventricular regions subtending coronary stenosis during dobutamine stress echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1996; 28: 1866-1876